

## GALLIUM NITRIDE SERIES COMPOUND SEMICONDUCTOR LASER ELEMENT

Patent Number: JP7335975

Publication date: 1995-12-22

Inventor(s): YAMADA TAKAO; others: 02

Applicant(s): NICHIA CHEM IND LTD

Requested Patent:  JP7335975

Application Number: JP19940131530 19940614

Priority Number(s):

IPC Classification: H01S3/18

EC Classification:

Equivalents: JP3212008B2

---

### Abstract

---

**PURPOSE:** To provide the gallium nitride based compound semiconductor laser element of surface emission type in which a laser resonator is formed in the vertical direction to a substrate by forming an appropriate reflecting mirror in a gallium nitride based compound semiconductor.

**CONSTITUTION:** In a laser element of double hetero structure comprising a gallium nitride based compound semiconductor, a first reflecting mirror 12 and a second reflecting mirror 3 are formed in the parallel direction to a substrate 1 by interposing an active layer 4 therebetween and a laser resonator is formed in the vertical direction to the substrate and the first reflecting mirror 12 is a translucent electrode in which an ohmic contact is obtained.

---

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平7-335975

(43)公開日 平成7年(1995)12月22日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>

H 01 S 3/18

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数3 O L (全4頁)

(21)出願番号 特願平6-131530

(22)出願日 平成6年(1994)6月14日

(71)出願人 000226057

日亜化学工業株式会社

徳島県阿南市上中町岡491番地100

(72)発明者 山田 孝夫

徳島県阿南市上中町岡491番地100 日亜化  
学工業株式会社内

(72)発明者 柿尾 雅之

徳島県阿南市上中町岡491番地100 日亜化  
学工業株式会社内

(72)発明者 中村 修二

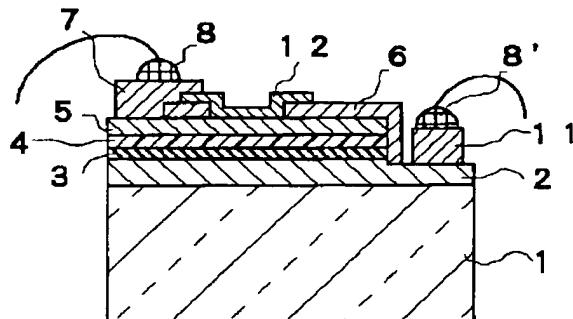
徳島県阿南市上中町岡491番地100 日亜化  
学工業株式会社内

(54)【発明の名称】窒化ガリウム系化合物半導体レーザ素子

(57)【要約】

【目的】 窒化ガリウム系化合物半導体に適切な反射鏡を形成することにより、基板と垂直方向にレーザ共振器を形成した面発光型の窒化ガリウム系化合物半導体レーザ素子を実現する。

【構成】 窒化ガリウム系化合物半導体よりなるダブルヘテロ構造のレーザ素子において、活性層4を挟んで基板1と平行方向に第1の反射鏡12と第2の反射鏡3が形成され、基板と垂直方向にレーザ共振器が形成されており、第一の反射鏡12はオーミック接触が得られた透光性の電極である。



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板上に窒化ガリウム系化合物半導体層が積層されてダブルヘテロ構造とされたレーザ素子において、前記レーザ素子には活性層を挟んで基板と平行方向に第1の反射鏡と第2の反射鏡が形成され、基板と垂直方向にレーザ共振器が形成されており、前記第一の反射鏡は積層された窒化ガリウム系化合物半導体層の最表層に形成され、その最表層と好ましいオーミック接触が得られた透光性の電極より成ることを特徴とする窒化ガリウム系化合物半導体レーザ素子。

【請求項2】 前記第2の反射鏡は、活性層と基板との間に形成され、互いに組成の異なる窒化ガリウム系化合物半導体層が積層された多層膜よりなることを特徴とする請求項1に記載の窒化ガリウム系化合物半導体レーザ素子。

【請求項3】 前記第2の反射鏡は、窒化ガリウム系化合物半導体層が積層された面と対向する基板面に形成された金属薄膜よりなることを特徴とする請求項1に記載の窒化ガリウム系化合物半導体レーザ素子。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は窒化ガリウム系化合物半導体 ( $\text{In}_a\text{Al}_b\text{Ga}_{1-a-b}\text{N}$ ,  $0 \leq a \leq 1$ ,  $0 \leq b \leq 1$ ,  $a+b \leq 1$ ) よりなるレーザ素子に関する。

## 【0002】

【従来の技術】  $600\text{nm}$  以下の波長領域に発振するレーザ素子の半導体材料として、広バンドギャップを有するII-VI族の  $\text{ZnSe}$ 、III-V族の  $\text{In}_a\text{Al}_b\text{Ga}_{1-a-b}\text{N}$  (以下、窒化ガリウム系化合物半導体という。) 等で現在、研究が進められている。 $\text{ZnSe}$  は最近、数十秒のレーザ発振が低温で初めて確認されたが、窒化ガリウム系化合物半導体では未だ確認されていない。しかし、窒化ガリウム系化合物半導体は、1993年11月、世界で初めて  $p-n$  接合を実現したダブルヘテロ構造の  $1\text{cd}$  青色LEDが発表されたことにより、レーザ素子が早期実現可能な材料として注目されてきている。

【0003】 従来、窒化ガリウム系化合物半導体レーザ素子には、種々の構造が提案されている。例えば特開平4-242985には  $\text{Si}$ 、サファイア、 $\text{GaN}$ 、 $\text{SiC}$  等を基板とし、 $\text{GaN}$  を活性層とする  $p-n$  接合のダブルヘテロ構造の素子が示されている。また U.S.P. 5, 146, 465号には単一量子井戸、多重量子井戸構造を有するレーザ素子が示されている。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】 レーザ素子を実現するには、まず素子内に一対の反射鏡を作成してレーザ共振器を形成する必要がある。 $\text{GaAs}$ 、 $\text{GaAlAs}$  等の他の半導体材料のように劈開性を有する材料で構成されたレーザ素子の場合、通常レーザ共振器の反射鏡は劈開面が利用される。一方、窒化ガリウム系化合物半導体は

2

六方晶系という性質上、劈開が困難であるため、エッチングにより垂直な端面を得て、その端面を反射鏡としてレーザ共振器を形成する必要がある。前記 U.S.P. 公報には、レーザ素子のアイデアとして、エッチング端面に共振器を形成して、基板と平行方向にレーザ光を出射させる端面反射型の素子が示されており、また量子井戸構造の  $\text{GaN}$  を反射鏡とし、基板と垂直方向にレーザ光を出射させる面発光型の素子が示されている。

【0005】 しかしながら、端面でレーザ共振器を形成するには、高度なエッチング技術を必要とするにもかかわらず、窒化ガリウム系化合物半導体のエッチング技術についてはよく知られていないという問題がある。

【0006】 一方、基板と垂直方向に共振器が形成される面発光レーザは、反射鏡の形成が難しいという問題がある。しかし、面発光型のレーザ素子は、端面発光型のレーザに比べて、基本的に微小共振器であるためレーザ単体としての性能は優れており、この面発光型のレーザを実現することが求められている。

【0007】 従って、本発明はこのような事情を鑑み成されたものであって、その目的とするところは、窒化ガリウム系化合物半導体に適切な反射鏡を形成することにより、基板と垂直方向にレーザ共振器を形成した面発光型の窒化ガリウム系化合物半導体レーザ素子を実現することにある。

## 【0008】

【課題を解決するための手段】 本発明のレーザ素子は、基板上に窒化ガリウム系化合物半導体層が積層されてダブルヘテロ構造とされたレーザ素子において、前記レーザ素子には活性層を挟んで基板と平行方向に第1の反射鏡と第2の反射鏡が形成されて、基板と垂直方向にレーザ共振器が形成されており、前記第一の反射鏡は積層された窒化ガリウム系化合物半導体層の最表層に形成され、その最表層と好ましいオーミック接触が得られた透光性の電極より成ることを特徴とする。

【0009】 また本願の好ましいレーザ素子の態様は、前記第2の反射鏡が活性層と基板との間に形成され、互いに組成の異なる窒化ガリウム系化合物半導体層が積層された多層膜よりなる。

【0010】 さらにまた本願の好ましいレーザ素子の態様は、前記第2の反射鏡が窒化ガリウム系化合物半導体層が積層された面と対向する基板面に形成された金属薄膜よりなる。

## 【0011】

【作用】 本発明のレーザ素子は透光性電極を第一の反射鏡、つまり片方の反射鏡としているので、レーザの出射をこの反射鏡で行うことができる。しかもオーミック用の電極としても作用しているので、素子の出力を向上させることが可能である。

【0012】 最表層が  $p$  型である場合、例えば電極材料として、 $\text{Au}$ 、 $\text{Ni}$ 、 $\text{Pt}$ 、 $\text{In}$ 、 $\text{Ti}$ 、 $\text{Cr}$  等が使用

でき、特に好ましい材料として、AuおよびNiを選択する。AuおよびNiを含む電極はp層と非常に好ましいオーミック接触を得ることができ、さらに好ましい電極構造は、p層と接する側をNiとし、その上にAuを積層した構造とするのがよい。

【0013】また最表層がn型である場合、例えば電極材料として、Al、Ti、Au、Ni等が使用でき、特に好ましい材料として、TiおよびAlを選択する。TiおよびAlを含む電極はn層と非常に好ましいオーミック接触を得ることができ、さらに好ましくはp層と接する側をTiとし、その上にAlを積層した構造とするのがよい。最表層をn型とした場合においても、第一の反射鏡を透光性にすることにより、第一の反射鏡が好ましいオーミック接觸用、およびレーザ出射用として作用する。

【0014】本発明のレーザ素子において、第一の反射鏡を形成するには、蒸着、スパッタ等の薄膜形成技術により、金属薄膜を形成した後、アニーリングすることにより形成することができる。さらに好ましいオーミック接觸を得るために、400°C以上でアニーリングする方がよい。400°C以上でアニーリングすることにより、n型層、p型層の抵抗が下がるとともに、接触抵抗も少なくなるためにさらに好ましいオーミックが得られる。第一の反射鏡の膜厚は、電極材料によって多少異なるが、具体的な膜厚としては、10オングストローム以上、1μm以下、さらに好ましくは50オングストローム以上、0.1μm以下の膜厚で形成する。なお本発明において、透光性とは窒化ガリウム系化合物半導体のレーザ光を透過するという意味であって、必ずしも無色透明を意味するものではない。

【0015】第2の反射鏡は、組成の異なる多層反射膜であり、例えば $Al_xGa_{1-x}N/Al_{x'}Ga_{1-x'}N$ 、 $0 \leq x \leq 1$ 、 $0 \leq x' \leq 1$ 、 $x \neq x'$ または $In_xGa_{1-x}N/In_{x'}Ga_{1-x'}N$ 、 $0 \leq x' \leq 1$ 、 $0 \leq x' \leq 1$ 、 $x' \neq x$ を交互に積層することによって多重反射膜とすることができる。その際、積層するAlGaN、またはInGaNの各層の膜厚はレーザの発振波長に合わせて調整すれば良いことはいうまでもない。

【0016】また本発明の別の態様において、第2の反射鏡を、金属薄膜で窒化ガリウム系化合物半導体層が積層された面と対向する基板面に形成することもできる。この場合、第2の反射鏡は透光性にする必要はないので、活性層から出るレーザ光の反射率が高い電極材料であればどのようなものでも使用することができ、例えばAl、Pt、Ti等が使用可能である。

【0017】本発明のレーザ素子はレーザ出射面を最表層の窒化ガリウム系化合物半導体と好ましいオーミックが得られた透光性の電極とすることにより、面発光レーザが実現可能となる。

【0018】

## 【実施例】

【実施例1】図1は本発明のレーザ素子の一構造を示す模式断面図を示し、図2は図1の素子を第1の反射鏡側からみた平面図を示し、図3は図1の素子の斜視図を示している。なお図1は図2を一点鎖線で切断した際の断面図である。図1に示すように、このレーザ素子は、サファイア基板1の表面に、n型GaN2と、Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>N/Al<sub>x'</sub>Ga<sub>1-x'</sub>N多層膜層3よりなる第2の反射鏡と、InGaN活性層4と、p型GaN層5とが順に積層されたダブルヘテロ構造とされている。さらに、基板がサファイアであり、基板側から電極が取り出せないため、この素子のp型GaN5、InGaN活性層4、多層膜層3はエッチングにより図2に示すような形状を取り除かれ、n型GaN2の一部が露出されて、その露出されたn型GaN層2の表面にn電極11が形成されており、n電極11はポール8'でもって負極とワイヤーボンディングされている。

【0019】さらに最表層のp型GaN層5の表面から、エッチングされた端面に亘って、絶縁膜および保護膜としてSiO<sub>2</sub>よりなるマスク6が形成されている。このマスク6により、第1の反射鏡12がp電極として、電流をp型GaN層の一部に集中して流すことができるようになるので、いわゆる電流狭窄層を形成する作用を有している。また別の作用として、マスク6がエッチングされた窒化ガリウム系化合物半導体層の端面に亘って形成されていることにより、n電極11がp型GaN層5と接觸する電極間ショートを防止している。マスク6の材料はSiO<sub>2</sub>に限らず、Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>、TiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>等、薄膜形成できる材料で絶縁性であればどのような材料を使用してもよい。

【0020】さらに第1の反射鏡12は0.05μmの膜厚で、p型GaN層5およびマスク6の表面に亘って形成されている。この第1の反射鏡は、p層側から順にNiおよびAuが積層された後、400°C以上でアニーリングして形成されたものであり、前にも述べたようにオーミック用のp電極として作用している。その電極のオーミック性を示す電極の電流電圧特性を図4に示す。この図に示すように、X軸0.5V/diV、Y軸50μA/diVにおいて、ほぼ直線関係を示すような良好なオーミック接觸が得られている。

【0021】さらにまた、第1の反射鏡12に電気的に接觸したボンディングパッド7が、第1の反射鏡のレーザ出射窓を塞がない状態で形成されている。このボンディングパッド7の作用はワイヤーボンディング時のポール8を接着させるためのものであり、p型GaN層5とはオーミックを得る必要はないため、ポール8および第1反射鏡との接着性がよく、通電する材料であれば、その材料の種類は特に問わない。このように、第1の反射鏡12とは別にボンディングパッド7を設けることにより、ポール8の電極への接着性をよくすることができます。

5

のでレーザ素子の信頼性が向上する。

【0022】この構造のレーザ素子は、第1の反射鏡12の凹部、つまりp型GaN層5と接触した面に対応するInGaN活性層5が発光する。発光は第1の反射鏡12と、第2の反射鏡であるAlGaN多層膜層3間で共振して、第1の反射鏡12側からレーザ光が出射され面発光レーザを実現できる。

【0023】【実施例2】図5は本発明の他のレーザ素子の構造を示す模式断面図であり、図1と同一符号は同一部材を示す。このレーザ素子は第2の反射鏡を窒化ガリウム系化合物半導体層が積層された面と反対側のサファイア基板1面にAl薄膜3でモルト形成している。

【0024】このレーザ素子も実施例1のレーザ素子と同様に、p型GaN層5と接触した面に対応したInGaN活性層5の発光を第1の反射鏡12と、第2の反射鏡であるAl薄膜3で共振させ、第1の反射鏡12側からレーザ光を出射することができる。

【0025】さらに好都合なことには、このレーザ素子はサファイアという非常に透過率に優れた材料を基板としているため、活性層の発光が第2の反射鏡に到達するまでに減衰することができないので、出力の高いレーザ素子を実現することができる。

#### 【0026】

【発明の効果】以上説明したように、本発明のレーザ素子は、金属薄膜を電極および第1の反射鏡とし、その反射鏡を出射窓といるので、端面を反射鏡とするレーザ素子に比べて、反射鏡の形成が簡単にできる。

【0027】さらに、サファイアを基板とした素子の場合、透過率に優れたサファイアの性質を利用して、もう

6

一方の反射鏡をサファイア基板側に形成することにより、出力の高いレーザ素子を実現することができる。

【0028】このように本発明のレーザ素子は高度なエッチング技術を利用して、垂直な端面を形成する必要なく、レーザ素子が実現できるので、その産業上の利用性は多大である。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明のレーザ素子の一構造を示す模式断面図。

【図2】 図1の素子を第1の反射鏡側からみた平面図。

【図3】 図1の素子の斜視図。

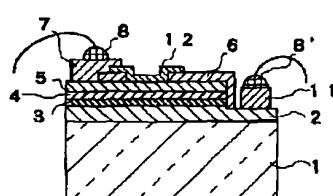
【図4】 第1の反射鏡の電流電圧特性を示す図。

【図5】 本発明の他の実施例のレーザ素子の構造を示す模式断面図。

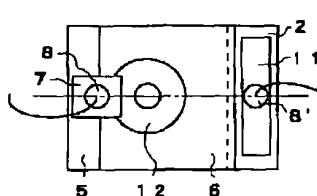
#### 【符号の説明】

- 1 ····· サファイア基板
- 2 ····· n型GaN層
- 3 ····· Al<sub>x</sub>G<sub>1-x</sub>N/A<sub>y</sub>G<sub>1-y</sub>N多層膜層  
(第2の反射鏡)
- 4 ····· InGaN活性層
- 5 ····· p型GaN層
- 6 ····· マスク
- 7 ····· ボンディングパッド
- 8, 8' ····· ポール
- 11 ····· n電極
- 12 ····· 第1の反射鏡 (p電極)
- 33 ····· Al薄膜 (第2の反射鏡)

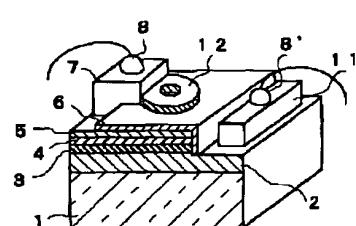
【図1】



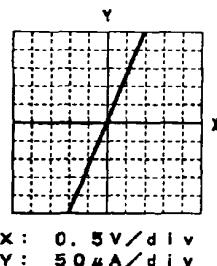
【図2】



【図3】



【図4】



【図5】

